

位置情報データから抽出する仕事の仕方と パフォーマンスの関係性

Research on the relationship between employee work styles and performance using location data

矢田 昇平 倉橋 節也

Shohei Yada Setsuya Kurahashi

筑波大学大学院 ビジネス科学研究科 経営システム科学専攻
Graduate School of Business Sciences University of Tsukuba

Abstract: In this research, for companies that have introduced the free address system, we extract features of various work styles from employee location data and explore how they relate to performance. By doing so, we considered models that increase freedom of work environment and employee performance. The method adopted to model the relationship between work styles and performance is a least-squares regression model using satisfaction data synthesized by sparse principal component analysis. From the results, we proved the initial hypothesis that the performance of employees who have face-to-face connections with many employees regardless of their departments is high in a quick meeting area. Besides, as a new finding, it is the communication that occurs in a quick meeting area, not the planned meeting held in the meeting room, that affects employees performance. In the relationship of employees who have similar work contents, it was found that the performance of employees who bridge between different groups is higher than that of employees who have a lot of face-to-face communication among employees.

1. 研究の背景

従業員の働き方の多様性とパフォーマンスを両立させることは、近年における組織経営課題の一つとも言えるが、こうした経営課題に対してオフィス空間設計の観点から、フリーアドレス制度を導入することで解決を図る企業がある。

稲水 (2013) によると、フリーアドレス施策の効果は大きく分けて2つあるという。1つは空間利用効率の向上で、もう1つはコミュニケーションの活性化である。

しかし、フリーアドレス導入とその効果は、条件次第でプラスにもマイナスにも作用することが示唆されている。稲水 (2009) は、オフィス空間が狭いと従業員のコミュニケーションが困難になると明らかにしており、オフィス面積を効率的に小さくすることとコミュニケーションの活性化は必ずしも両立しないと結論づけている。このようにフリーアドレス導入に対する効果は一義的に評価しづらいのが現実である。

2. 研究の目的

本研究では、フリーアドレス制度を導入した企業を対象に、従業員の位置情報データから様々な仕事の仕方の特徴量抽出し、それがパフォーマンスとどう関連しているかを探ることで、職場環境の自由度と従業員のパフォーマンスを増大させるモデルを検討する。

「働き方改革」ということが言われて久しいが、単純に労働時間や雇用形態を柔軟にしたり、賃金や待遇を向上したりするだけの施策では、企業視点からすると持続的とは言えない。

そうした中で、従業員のパフォーマンス向上と、選択の自由度を考慮しながらも、企業側からは持続的施策として独自に実施できるフリーアドレス制を例に、仕事の仕方とパフォーマンスの関係性を分析するのが本研究のアプローチである。

本研究における仮説設定は以下2つである。

仮説 1: フリーアドレス制度をうまく利用して、他部門の従業員とのコミュニケーションが活発な従業員はパフォーマンスが高い。

仮説 2: 一般的な会議室でのコミュニケーションよりも、簡易的な打ち合わせエリアでのコミュニケ

ーションの方が、より従業員のパフォーマンスを高める。

3. 環境設定とデータの定義

本研究では、多面評価の結果を個人のパフォーマンスと置き換え、目的変数として扱う。これに対し、主な説明変数は、オフィス内の位置情報システムから特徴量抽出した執務場所データと、ネットワーク中心性データである。さらに年齢や性別や役職といった従業員の属性データや、満足度調査から得た満足度データも用いることで、従業員のステータスや働き方と、パフォーマンスの関係性を分析する。本研究で扱うデータの分類を表1でまとめる。

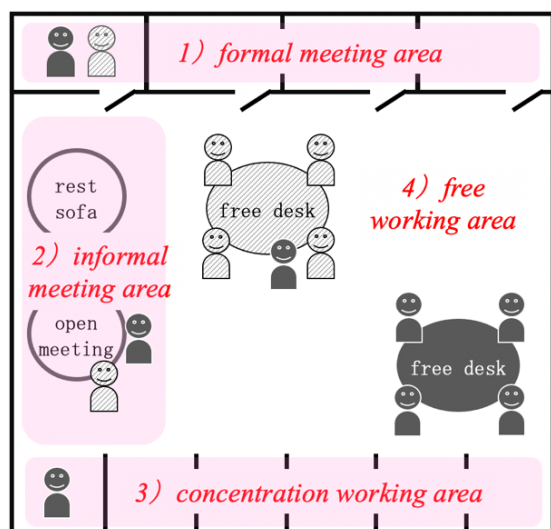
表1：研究に用いるデータの分類

classification	variable
属性データ	・人事登録データから取得 ex. 従業員の性別, 年齢, 役職など
満足度データ	・ES (従業員満足度) 調査から取得 ex. 仕事, 上司, 会社に対する満足度
執務場所データ	・位置情報データから特徴量抽出 ・オフィス内のエリア属性別の滞在時間比率
中心性データ	・位置情報データから特徴量抽出 ・従業員のミーティング発生を検知して算出 ・オフィス内のエリア属性別の中心性
パフォーマンスデータ	・人事登録データから取得 ex. 業績評価, バリュエーション

4. 研究手法

本研究では、Wi-Fi の接続情報から取得する従業員のオフィス内位置情報データと、それを使った「仕事の仕方」を検出するが、これはオフィス内の利用状況に応じて図1のようなエリア属性を付与することで実現する。

図1：エリア属性の概念



1) formal meeting area

一般的な会議室エリアである。会議室の利用には事前予約が必要で、周囲からも閉鎖されているため、閉鎖的で予め計画的に設定された会話が行われる傾向が高いエリアである。

2) informal meeting area

簡易的な打ち合わせエリアである。このエリアは例えばミーティングソファや、靴を抜いてあがる芝生スペースなどであり、利用には予約の必要がなく、周囲からも解放されているため、オープンで突発的な会話が行われる傾向が高いエリアである。

3) concentration working area

パーテーションが設けられた集中席エリアである。基本的にこのエリアでは会話は禁止されているため、オープンなフリーアドレス環境において、時には集中して周囲の視線を遮断した業務を行いたい時に利用される傾向が高いエリアである。

4) free working area

上記3つのエリアに当てはまらないエリアである。したがって、本オフィス環境における基本的なフリーアドレス業務エリアと言える。

これらのエリア属性を付与した執務場所データに加え、従業員間のミーティング発生状況を検知することで抽出するネットワーク中心性を用いる。なお、ネットワーク中心性は次数中心性と媒介中心性を利用するが、この2つの中心性を選んだ理由は、会社組織の観点からの解釈のし易さである。

前者の次数中心性は言い換えればたくさんの人と対面でつながりがある人を高く評価し、後者の媒介中心性は言い換えれば異なるグループの間でよく橋渡しの位置関係にいる人を高く評価するといったものである。

5. 統計データの概観

今回の分析に利用した位置情報データの期間は、祝日を含まない連続する2週間の平日のデータで、2019/11/25～2019/11/29, 2019/12/2～2019/12/6の合計10日間であり、最終的に仕事の仕方とパフォーマンスのモデル分析に使用した従業員の数は2,883名である。

分析に利用する統計データを概観し、複数あるパフォーマンスデータの中からvalue_rankを目的変数と定めた。また、全ての変数は、データの大きさもばらつきも様々であるため、それぞれの変数の平均で減算し、標準偏差で除算することで標準化したデータを適宜扱うこととする。この操作により、全てのデータは平均が0で、分散が1のデータになる。

6. モデルの作成

仕事の仕方とパフォーマンスの関係性をモデル化するにあたり、まずは満足度データに多重共線性が認められたため、満足度データをスパース主成分分析により次元削減を行う。また、そこで得た合成変数を用いた最小二乗回帰モデルを採用した。

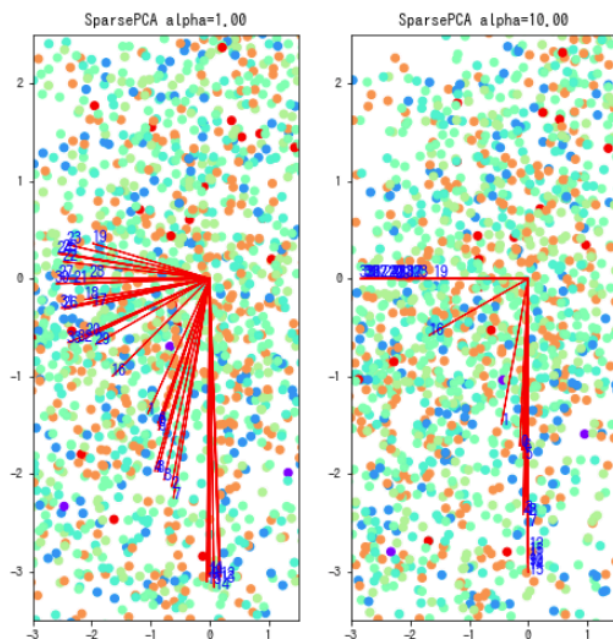
スパース主成分分析とは、スパース推定法により主成分の多くをびったりと 0 に推定する手法で、Hui Zou et al. (2006) が提案したものである。ここでは主成分の行列データである $A=(a_1, \dots, a_k)$ をまとめて推定するが、このとき A に直行制約と L1 正則化の両方を反映させると解を求める効率的なアルゴリズムの構築が困難になる。そこで、あえてもう一つのパラメータである $B=(b_1, \dots, b_k)$ を準備し、次の最適化問題を解く。

$$\min_{A,B} \|X - XBA^T\|_F^2 + \lambda \|B\|_F^2 + \sum_{k=1}^K \lambda_k \|b_k\|_1 \quad \text{subject to } A^T A = I_K$$

このときに、 A と B を同時に最適化するのではなく、交互に最小化することで、効率的なアルゴリズムを構築する手法である。

この手法を用いて、説明変数のうち 34 個の満足度データにスパース主成分分析を行い、その主成分得点と各主成分の重みである分散共分散行列の固有ベクトルをプロットしたものが以下の図 2 である。左が正則化パラメータ α を 1.0 で設定したスパース主成分分析の結果、右が α を 10.0 にした種成分分析の結果である。

図 2 : 主成分の分散共分散行列の固有ベクトル



正則化パラメータ α を大きくすることで正則化が強まり、0 と推定されるパラメータが多くなる。図 2 の右の図では、多くの主成分が 0 に張り付いており、スパース主成分分析の作用で、満足度データの主成分結果の解釈が容易になることが分かる。

表 2 は、スパース主成分分析によって合成された満足度データを使用した最小二乗回帰モデルの結果であり、 p 値が 0.05 を下回った変数のみを表示している。

表 2 : スパース主成分分析を用いた最小二乗回帰モデル

classification	variable	coef	p-value
属性データ	age_details	-0.106	0.000
	position_type	-0.040	0.003
満足度データ	PC1	-0.029	0.043
	informal_degree_centrality	0.090	0.001
中心性データ	same_informal_degree_centrality	-0.051	0.005
	same_informal_betweenness_centrality	0.038	0.006
	other_informal_betweenness_centrality	-0.036	0.033
パフォーマンスデータ	value_point	0.762	0.000

7. 考察

表 2 の結果を見ると、中心性データからはまず、informal_degree_centrality が高いとパフォーマンスも高まること言える。これは簡易的な打ち合わせエリアにおいて、自部門他部門を問わずにたくさんの従業員と対面でつながりのある従業員のパフォーマンスが高い傾向にあると解釈できる。

この結果から、仮説 1 で設定していた「フリーアドレス制度を上手く利用して、他部門の従業員とのコミュニケーションが活発な従業員はパフォーマンスが高い」と、仮説 2 で設定していた「一般的な会議室でのコミュニケーションよりも、簡易的な打ち合わせエリアでのコミュニケーションの方が、より従業員のパフォーマンスを高める」という当初の仮説と合致する結果となった。

7.1 エリア属性のパフォーマンスへの影響

その他に p 値が 0.05 を下回った変数を見ると、全てが簡易的な打ち合わせエリアである informal のエリア属性を持つものであった。よってエリア属性の視点から、従業員のパフォーマンスに影響を与えるのは、いわゆる会議室で計画的に行われる会議ではなく、簡易的な打ち合わせエリアで発生する会話であると言える。これは本研究における発見事実の 1 つ目である。

このことは、オフィス空間マネジメントにおいても有用な発見である。要は従業員のパフォーマンス

を向上させるためには、会議室を潤沢に設備配置し、計画的な会議を奨励することだけが良いのではなく、オープンで突発的なコミュニケーションが発生し易い空間を適切に設計することが有効となる可能性がある。

7.2 中心性のパフォーマンスへの影響

従業員間のネットワークタイプの視点で中心性を見ると、まず同じ部門の従業員同士の次数中心性である `same_informal_degree centrality` がマイナスの係数であり、同じ部門の従業員同士の媒介中心性である `same_informal_betweenness centrality` がプラスの係数となる。前提として本研究においては、研究対象の組織ヒエラルキーの中から、上層の「部門」と、その下層に位置する「チーム」の2階層のみを切り出して分析をしているが、ここでは上層の部門が異なると、仕事の内容（営業や、企画や、エンジニア等）が変わることがあるが、同じ部門に属する限りはチームが異なっても基本的に仕事の内容は同じであることが通常である。

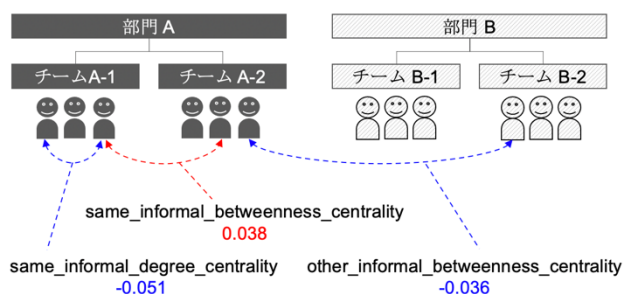
よってこの結果をより一般的に解釈すると、仕事の内容が近い従業員の間では、単なる対面コミュニケーションが多い従業員よりも、異なるグループ間を橋渡しする従業員のパフォーマンスが高い、ということになり、これは本研究における発見事実の2つ目である。

しかし一方で、この組織においては、異なる部門の従業員同士になると、媒介中心性である `other_informal_betweenness centrality` がマイナスの係数となってしまうことも分かった。これを解釈すると、仕事の内容が異なると、グループ間の橋渡しをするネットワークは従業員のパフォーマンスを向上しない、ということになる。

この事実については、本来のフリーアドレス施策の目的には沿わない結果であり、今後さらなる原因究明の必要がある。

最後に、この結果である中心性とパフォーマンスの関係を以下の図3に記す。

図3：ネットワークタイプとパフォーマンスの関係



8. 今後の展望

これまでの結果を踏まえて本研究は以下の通り発展させていく計画をしている。

8.1 エージェントベースモデルの設計

本研究で検証できたのは、あくまで個人の仕事の仕方が、本人のパフォーマンスにどう関係しているかといった個人レベルに留まるものであるが、これを発展させ個人の仕事の仕方が組織レベルのパフォーマンスをどのように高めるかを明らかにしたいと考えている。

これらが相互作用の関係にあると仮定すると、個人の仕事の仕方を「ミクロの行動パターン」として、組織のパフォーマンスを「マクロの社会現象」として階層的に捉え、今回の分析結果をパラメータとして用いることで、エージェントベースモデルによるシミュレーションが設計可能であると考えている。

そうすることで、どのような従業員の行動と、それに基づく組織のパフォーマンス向上が起こりうるかといった仮説生成型の研究を行うことが可能である。

8.2 位置情報データ分析の応用

本研究の中核は、位置情報に属性を持たせ、人の行動とパフォーマンスを計測する手法にあるが、この手法自体はオフィスマネジメントや組織パフォーマンスに留まらず、様々な分野の研究へと応用できる可能性がある。

例えば、マーケティングの分野においては、実店舗内における購買客の回遊行動や、それに伴う消費行動をシミュレーションし、そこから店舗内の棚出し配置や、ポップなどの店舗レイアウトを設計することで、売上を最大化するようなモデルの研究が可能であると考えている。

9. 参考文献

- [1] Azizah Md Ajis, Yuji Matsumoto, Ryusuke Naka : The Study of Sustainable Workplace: How Office Space Influences the Amount of Communication among Workers, The Conference on Sustainability, Energy and the Environment 2014
- [2] 出口 弘：エージェントベースモデリングによる問題解決—エージェントベース社会システム科学としての ABM 一、オペレーションズ・リサーチ, 2004 年 3 月号, p 161-167
- [3] 伏見 卓恭 他：ノード集合に対する媒介中心性の提案, DEIM 2012 Proceedings (2012)

- [4] 古川 靖洋:フリーアドレス・オフィスとオフィスワーカーの生産性:再考, 総合政策研究, 48, p 1-17 (2014)
- [5] Gabor Nagy, Kunio Funahashi, Takeshi Suzuki, Michihiro Kita, Bin Li : OFFICE LAYOUT AND WORKSPACE ENCLOSURE AS MEDIATORS TO WORKERS' PRIVACY AND COMMUNICATION AFFECTING PRODUCTIVITY, 日本建築学会, 69 巻 582 号, p 55-63 (2004 年)
- [6] Hui Zou, Trevor Hastie, Robert Tibshirani : Sparse principal component analysis, *Journal of Computational and Graphical Statistics*, Volume 15, Pages 265-286 (2006)
- [7] 稲水 伸行: ノンテリトリアル・オフィス研究の現状と課題, 赤門マネジメント・レビュー, 7 巻 8 号, p 557-586 (2008)
- [8] 稲水 伸行: ノンテリトリアル・オフィスにおける空間密度とコミュニケーション X 社のオフィス移転の事例分析, *組織科学*, Vol.42, No. 3, p 82-94 (2009)
- [9] 稲水 伸行: ワークプレイスの多様性・柔軟性・統合性: 日本マイクロソフト社の品川オフィスの事例, *組織科学*, Vol.47, No.1, p 4-14 (2013)
- [10] 和泉 潔 他: マルチエージェントのためのデータ解析, コロナ社 (2017)
- [11] Jungsoo Kim, Richard de Dear : Workspace satisfaction: The privacy-communication trade-off in open-plan offices, *Journal of Environmental Psychology*, Volume 36, Pages 18-26 (2013)
- [12] 唐沢 龍也: プロジェクト組織における広告会社の役割 —ミラノ・サローネ出展プロジェクトのネットワーク分析を中心に—, *広告科学*, 63 巻, p 1-15 (2016 年)
- [13] 川野 秀一 他: スパース推定法による統計モデリング, 共立出版 (2018)
- [14] Kim C. Brimhall, Michàlle E. Mor Barak : The Critical Role of Workplace Inclusion in Fostering Innovation, Job Satisfaction, and Quality of Care in a Diverse Human Service Organization, Volume 42 · Number 5, Pages 474-492 (2018)
- [15] Kimberly D. Elsbach, Beth A. Bechky : It's more than a desk: Working smarter through leveraged office design, *California Management Review*, Vol.49 · No.2, Pages 80-101 (2007)
- [16] 木下 巖, 比嘉 邦彦: 日本企業の例にみるオフィスワーク部門へのフリーアドレス制を適用したオフィス改革に関する研究, 日本情報経営学会, 30 巻 2 号, p 39-50 (2009)
- [17] 厚生労働省: 「働き方改革を推進するための関係法律の整備に関する法律」について (2019)
- [18] 倉橋 節也: 社会システムの研究動向 4-評価・分析手法(2)- モデル推定と逆シミュレーション手法, 計測と制御, 52 巻, p 588-594 (2013)
- [19] 牧野 由香子, 松本 裕司, 城戸崎 和佐, 仲隆介: フリーアドレスオフィスにおける周囲のワーカーとの関係性がコミュニケーションに及ぼす影響 その 2, 日本建築学会学術講演梗概集, p 337-338 (2012)
- [20] 村田 剛志: Python で学ネットワーク分析, オーム社 (2019)
- [21] Pejtersen JH, Feveile H, Christensen KB, Burr H : Sickness absence associated with shared and open-plan offices – a national cross sectional questionnaire survey, *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, Volume 37(5), Pages 376-382 (2011)
- [22] Robert Tibshirani : Regression Shrinkage and Selection Via the Lasso, *Journal of the Royal Statistical Society: Series B*, Volume 58, Pages 267-288 (1996)
- [23] Sarah Zerella, Kathryn von Treuer, Simon L. Albrecht : The influence of office layout features on employee perception of organizational culture, *Journal of Environmental Psychology*, Volume 54, Pages 1-10 (2017)
- [24] Satomi Tsuji, Nobuo Sato, Kazuo Yao, Julie Broad, Fred Luthans : Employees Wearable Measure of Face-to-Face Communication Relates to Their Positive Psychological Capital Well-Being, *IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence*, October 2019, Pages 14-20 (2019)
- [25] 嶋村 仁志, 山田 哲弥, 杉山 武, 岩田 美成: 研究執務スペースのフリーアドレス化に関する研究 その 1: 折畳移動机を用いたフリーアドレス・オフィスのユーザー満足度評価による効果分析, 日本建築学会計画系論文集, 63 巻 509 号, p 129-134 (1998)
- [26] 寺野 隆雄: なぜ社会システム分析にエージェント・ベース・モデリングが必要か, *J-STAGE 横幹*, 4 巻 2 号, p 56-62 (2010)
- [27] Tonya L. Smith-Jackson, Katherine W. Kleinb : Open-plan offices: Task performance and mental workload, *Journal of Environmental Psychology*, Volume 29, Pages 279-289 (2009)
- [28] Warit Wipulanusat, Kriengsak Panuwatwanich, Rodney Anthony Stewart : Workplace Innovation: Exploratory and Confirmatory Factor Analysis for

Construct Validation, Management and Production
Engineering Review, Volume 8 • Number 2, Pages
57-68 (2017)

- [2 9] Yahoo!JAPAN Corporate Blog : 変えたいのは
働き方 ヤフーの新本社オフィス (2016)
- [3 0] Yahoo! JAPAN Tech Blog : ヤフーの社内シ
ステムを紹介します (2016)
- [3 1] 山下 達雄, 寺岡 照彦, 田口 拓明 : Wi-Fi
接続による屋内位置情報を用いた人間関係の
抽出, 人工知能学会全国大会論文集 第 34 回全
国大会 (2020)